

# Analiza czasu transportu kontenerów intermodalnych z Chin do UE za pomocą technologii Hyperloop

JEL: R41 DOI: 10.24136/atest.2019.084

Data zgłoszenia: 15.12.2018 Data akceptacji: 08.02.2019

Artykuł przedstawia potencjał ekonomiczny drzemący w wymianie handlowej pomiędzy Chinami, a Unią Europejską przy użyciu nowego środka transportu – kolei niskociśnieniowej. Technologia opiera się na przewożeniu dóbr w kapsułach, poruszających się wewnątrz szczelnie zamkniętej tuby, w której ciśnienie obniżone jest do około 100Pa. Dzięki niskiemu ciśnieniu, opór powietrza wewnątrz tuby również jest bardzo niski, co pozwala kapsule na poruszanie się w niej bez znaczących strat energii. W przyszłości umożliwi to bardzo szybki i ekonomiczny transport dóbr pomiędzy Chinami i Europą. Uważa się, że kapsuła będzie w stanie osiągnąć prędkość około 1000km/h. W oparciu o te założenia, zaistniały nowe perspektywy w obszarze wymiany handlowej Europy z Chinami. Dotyczy to w szczególności okręgów przemysłowo- przeladunkowych jak Sincuan, Yunnan, Kweichow czy Chongqing. Potencjał tych regionów to 200 milionowa populacja, terytorium o powierzchni dwukrotnie większej od Francji oraz szybki wzrost gospodarczy – około 10%. W 2016 roku, pociąg z Chengu do Łodzi wyruszył 463 razy, natomiast w 2017 było już około 1000 kursów. Gospodarka Sincuan opiera głównie się na: rolnictwie, energetyce wodnej, dużych zasobach gazu, przemyśle ciężkim i elektronicznym. Gospodarka Chongqing bazuje na: motoryzacji, przemyśle ciężkim, elektronicznym oraz przemyśle chemicznym. W Yunnan natomiast dominują przetwórstwo rolne, zasoby naturalne oraz przemysł ciężki. Z punktu widzenia interesów Polski, na największą uwagę zasługują okręgi Sincuan i Chongqing. To one czerpią największe korzyści z rozwoju chińskiej gospodarki. Współtworzą również Nowy Jedwabny Szlak – projekt OBOR (ang. One Belt One Road) i aspirują do stania się handlowym, finansowym, technologiczno-naukowym i telekomunikacyjno- transportowym centrum świata.

**Słowa kluczowe:** Hyperloop, FlexSim, kolej niskociśnieniowa

## Wstęp

Zarówno dla Chin jak i dla Europy, wymiana handlowa jest ważnym elementem współpracy gospodarczej. Ogromny rynek Chin przez setki lat zaspokajał nieograniczone potrzeby konsumenckie Europy, wykorzystując do tego Jedwabny Szlak. Szybki rozwój wymaga szybkiej i taniej wymiany dóbr, co obecnie jest możliwe do osiągnięcia, dzięki nowym osiągnięciom technologicznym w transporcie oraz dzięki tzw. Nowemu Jedwabnemu Szlakowi [1].

Kolej próżniowa nie jest pomysłem nowym [2], a jeden z pierwszych patentów powstał w 1945 w USA. Hyperloop jest projektem finansowanym między innymi przez miliardera, założyciela takich firm jak Tesla oraz SpaceX - Elona Muska [3]. Głównym celem całego projektu jest stworzenie środka transportu, który będzie tak szybki i bezpieczny jak transport lotniczy oraz tak tani jak transport drogowy. By zrealizować te założenia zaproponowano system, który składałby się z kapsuły poruszającej się wewnątrz tunelu, w którym ciśnienie powietrza jest obniżone do bardzo niskiej wartości (około 100Pa) w stosunku do ciśnienia atmosferycznego. Dzięki temu opór powietrza wewnątrz tunelu również byłby bardzo niski, co pozwalałoby kapsule

osiągać bardzo dużą prędkość, przy ograniczonym zużyciu energii. Kapsuła w założeniu ma osiągać prędkość nawet do 330m/s, przy czym do tej pory w testach kapsuły o pełnych gabarytach udało się uzyskać około 100m/s. W praktyce rozważane są różne warianty poruszania się kapsuły, w tym nawet lewitacja magnetyczna [4-5]. Tunele zbudowane na potrzeby kolei niskociśnieniowych mogą być pokryte panelami słonecznymi, które dostarczą energię do pracy takiej linii i zredukują jej negatywny wpływ na środowisko. Ze względu na to, że kolej niskociśnieniowa jest w początkowym stadium rozwoju względem innych środków transportu, wiąże się z nią szereg obaw i wątpliwości, zwłaszcza w zakresie [6-8]:

- dostarczania energii elektrycznej do kapsuły,
- odprowadzania energii cieplnej z toru,
- bezpieczeństwa użytkowania kapsuły zamkniętej w szczelnym tunelu o obniżonym ciśnieniu,
- szereg innych niesprecyzowanych problemów niemożliwych do przewidzenia obecnie.

## 1 Krótki rys historyczny – Jedwabny Szlak

Jedwabny Szlak jest dawną drogą handlową, łączącą Chiny, Europę oraz Bliski Wschód [1]. Nazwa „Jedwabny Szlak” była stosowana zarówno dla morskiej jak i lądowej części. Trasa lądowa o dystansie około 12000km powstała w III wieku p.n.e.. Morski Jedwabny Szlak stał się popularny dopiero około I wieku p.n.e.. Jedwab od którego droga nosi swoją nazwę był jednym z wielu dóbr wymiany handlowej w tamtych czasach i rzeczywistości stanowił tylko jej niewielką część. Głównymi towarami wymiany były:

- ze wschodu: złoto, metale i kamienie szlachetne, tekstylia, kość słoniowa, jedwab, papier, żelazo,
- z zachodu: futra, ceramika, cynamon, broń, złoto, perfumy, biżuteria, zboża i winogrona

Lądowa część trasy Jedwabnego Szlaku biegła przez pustynię, z północy i południa otoczoną przez góry, dlatego też miasta-oazy, przez które przebiegał Jedwabny Szlak stały się bardzo ważnymi centrami handlowymi. Zyskiwały one na kupowaniu i sprzedaży dóbr, oraz często pośredniczyły w transakcjach.

W tamtych czasach niemożliwym było przebycie całej trasy za jednym razem, nie tylko ze względu na ogromny dystans ale też ze względu na bardzo wymagającą lokalizację. Ludzie ze swoimi towarami przemieszczali się pieszo lub wykorzystując do tego zwierzęta. Najczęściej były to wielbłądy, które mogły przebyć duży dystans i są odporne na brak wody. Z tego też powodu, przedmioty wymiany handlowej był bardzo lekkie i niewielkie – ludzie nie chcieli nadmiernie przeladowywać wielbłądów. Jedwabny Szlak odegrał ważną rolę w rozwoju cywilizacji narodów, które łączył. Miał również duży wpływ na rozwój polityki, religii i kultury. Szlak składał się z czterech tras:

- trasa północna,
- trasa południowa,
- trasa południowo- wschodnia,
- trasa morska.

Jedwabny Szlak przestał mieć dominujące znaczenie ekonomiczne i handlowe około 1650 roku z powodu nowych szlaków morskich.

## 2 Nowy Jedwabny Szlak – koncepcja z 2013 roku

Nowy Jedwabny Szlak, jak i Morski Szlak Jedwabny XXI wieku są znane również jako inicjatywa „One Belt, One Road” (pol. Jeden Pas, Jedna Droga). Jest to plan strategii rozwoju przedstawiony w 2013 roku przez prezydenta Chin Xi Jinpinga, nawiązującym do dawnej drogi łączącej Azję, Europę i Bliski Wschód. Celem tej inicjatywy jest rozwój gospodarczy spowodowany zacieśnieniem więzi gospodarczej pomiędzy państwami. Wzmocnienie relacji ma nastąpić poprzez rozbudowę infrastruktury na terytoriach państw objętych projektem. Nowy Jedwabny Szlak (rys.1.) ma połączyć Azję, Europę i Afrykę.



Rys. 1. Nowy Jedwabny Szlak [9].

Idea „Jeden Pas, Jedna Droga” przewiduje utworzenie sieci korytarzy, które łączyć będą Chiny z państwami Unii Europejskiej, co oznacza inwestycje w budowę i modernizację transportu kolejowego, włączając kolej wysokich prędkości, a także stworzenie infrastruktury przemysłowej i telekomunikacyjnej. Szczególną uwagę do promocji Nowego Jedwabnego Szlaku, Chiny poświęcają w krajach Europy Wschodniej, Środkowej i Śródziemnomorskiej. W sierpniu 2015 roku, połączenie Łódź-Chengdu przedłużone zostało do Xiamen. Z kolei w roku 2016 uruchomiono nową linię kolejową, która łączy Kutno z Chengdu. Między innymi z tego też powodu konieczna jest rozbudowa istniejącego terminala kontenerowego w Łodzi [10]. W Małaczewiczach planowana jest budowa suchego centrum logistycznego dla przesyłek kontenerowych [11]. Statystyki pokazują, że od uruchomienia linii w 2013 roku do końca roku 2015, pociągi z Chengdu do Europy wyruszyły 300 razy przewożąc ponad 38000 ton dóbr, wartych miliard dolarów. W samym roku 2016 pociągów było już ponad 400, natomiast w 2017 około tysiąca. Pociągi z Chin do Polski jeżdżą dwiema trasami: Transsyberyjską oraz przez Kazachstan. Koszt przetransportowania około 6 metrowego kontenera (standardowej jednostki intermodalnej) z Chin do Polski wynosi około 5000 dolarów, lecz uwzględniając prognozy, mogą one zostać zredukowane do około 2500 – 3000 dolarów. Eksport polskich towarów do Chin jest około 15 razy mniejszy niż import. Polska eksportuje głównie jedzenie, biżuterię i maszyny, importuje natomiast elektronikę, zabawki, walizki, torby, ubrania czy szkło. Inicjatywa OBOR jest szansą na zwiększenie polskiego eksportu do Chin, poprzez wykorzystanie nie tylko istniejących ale też nowych dróg transportowych zarówno lądowych, jak i morskich (pomiędzy Shanghaiem, Tianjin i Gdańskiem). OBOR obejmuje również tworzenie gospodarczych i przemysłowych obszarów specjalnych. Nowy Jedwabny Szlak jest korzystnym projektem dla Chin. Nadprodukcja występująca w tym kraju, szczególnie w przemyśle ciężkim mogłaby znaleźć punkty zbytu wzdłuż trasy. Szacuje się, że wartość inwestycji w ramach OBOR to około 500 miliardów dolarów.

Obecnie istniejąca trasa, którą kursują pociągi z Chnegdu do Łodzi ma około 9826km długości – rysunek 2. Trasę uruchomiono w

kwietniu 2013 roku, kiedy chiński pociąg, składający się z 22 wagonów przewożących części samochodowe i elektronikę, przybył na stację Łódź Olechów. Pociąg do Chin z polskimi dobrami wyjechał po raz pierwszy w 2015 roku. Trasa biegnie przez miasta takie jak: Brześć, Moskwa, Jekaterynburg, Astana i Urumchi. Pociąg opuszcza stację w Łodzi raz w tygodniu, a podróż zajmuje około 14 dni. Transport dóbr drogą kolejową jest około 30% tańszy niż lotniczy i około trzy razy szybszy na tym odcinku niż transport morski.



Rys. 2. Przebieg trasy kolejowej Chiny-Polska.

## 3 Model symulacyjny systemu transportowego kolei niskociśnieniowej

Kolej niskociśnieniowa jest nowym środkiem transportu, zaproponowanym i opisanym w pracy wizjonera i biznesmena Elona Muska pod tytułem „Hyperloop Alpha” z 2013 roku. Jak twierdzi Musk, technologia ta pozwoliłaby na skrócenie czasu podróży z Los Angeles do San Francisco do około 30 minut. Praca zawiera koncepcje elementów, na których oparta może zostać przyszła technologia: kapsułę, tunel o obniżonym ciśnieniu i zjawisko lewitacji magnetycznej. W realizacji technicznej ciśnienie w tunelu, w którym porusza się kapsuła obniżone jest do około 1% ciśnienia atmosferycznego, co minimalizuje opór powietrza. System jest cichy i relatywnie mały. Dodatkowo tunel mogą pokrywać panele słoneczne, dostarczające energię gromadzoną dla potrzeb pracy kapsuły. Swoją myśl Elon Musk poparł budową toru testowego i otwarciem konkursu na projekt i budowę prototypu kapsuły, który nazwał *Hyperloop Pod Competition*. Do konkursu zgłosiło się ponad 1200 grup inżynierów z całego świata, a do finału trafiło 29 z nich. Głównym celem projektu jest stworzenie środka transportu, który będzie tak szybki jak transport lotniczy i tak tani jak transport lądowy.

### 3.1 Środowisko symulacyjne FlexSim

FlexSim to oprogramowanie zaprojektowane do symulowania, planowania i optymalizowania złożonych procesów logistycznych [12]. Swoje zastosowanie znajduje głównie w branży produkcyjnej, logistyce i usługach. Jest łatwym w użyciu programem, umożliwiającym tworzenie symulacji 3D poprzez dodawanie obiektów znajdujących się w bibliotece metodą „przeciągnij i upuść”. Po wprowadzeniu danych wejściowych i utworzeniu między nimi relacji, program może pokazać model 3D. Ponadto, wszystkie potrzebne statystyki mogą być wyświetlane w formie wykresów generowanych w czasie rzeczywistym, co ma istotny wpływ na czas i wydajność analizy. Dodatkową cechą stanowi zawarta w oprogramowaniu biblioteka obiektów, która może zostać rozszerzona o dodatkowe elementy. Pozwala to na budowanie modeli w oparciu o dokumentację CAD (rys.3) dla wybranych obszarów i budynków. Jednym z wielu narzędzi oprogramowania FlexSim jest moduł FlexTerm. Jest to algorytm zaprojektowany specjalnie do tworzenia symulacji różnych procesów zachodzących w portach i terminalach kontenerowych. Zawiera moduł kolejowy, który może wspomóc utrzymanie synchronizacji nawet najbardziej złożonych sekwencji operacji charakterystycznych dla transportu kolejowego.





Rys. 3. Morski terminal kontenerowy: model w programie FlexSim/Flexterm.

### 3.2 Dane wejściowe do procesu symulacji

Czas symulacji został arbitralnie ustalony na dwutygodniowy odcinek. Założono że w tym czasie pociągi mają do przebycia drogę wynoszącą 9050,5km. Dodatkowo zwykle składy pociągi szybkiej kolei przewożą czterdzieści wagonów, a każdy z nich mieści jeden kontener intermodalny. W przypadku kolei niskociśnieniowej, każda kapsuła mieści jeden kontener. Pociągi wyjeżdżają co trzy godziny. Dla kolei niskociśnieniowej rozpatrywane są dwa scenariusze. Pierwszy z nich, bierze pod uwagę jedną godzinę postoju na wszystkich granicach. W drugim scenariuszu zakłada się odprawę celną tylko na stacji początkowej. Pociągi próżniowe opuszczają stację co godzinę (w tym pięćdziesiąt minut przeznaczonych na odprawę celną).

Tab. 1. Dane wejściowe do procesu symulacji: prędkość

	Pociąg towarowy	Kolej wysokiej prędkości			Kolej niskociśnieniowa			
		100	120	140	300	600	900	1200
Prędkość średnia [km/h]	34							
Rozkład jazdy [ilość/h]	3							1
Czas symulacji [h]								336
Długość trasy [km]								9050,57

Tab. 2. Dane wejściowe do procesu symulacji: czas postoju na granicach dla zwykłych składów i kolei wysokich prędkości

	Dostyk (granica: Chiny-Kazachstan)	Brest (granica: Polska-Białoruś)	Granica: Kazachstan - Rosja	Granica: Rosja - Białoruś
Przeladunek [h]	8,6	8,6	n/a	n/a
Kontrola [h]	3,3	3,3	1	1
Ilość stacji	2	1	1	1
Inne [h]	1	n/a	n/a	n/a

Tab. 3. Dane wejściowe do procesu symulacji: czas postoju na granicach kolei niskociśnieniowej - prognoza

	Dostyk (granica: Chiny-Kazachstan)	Brest (granica: Polska-Białoruś)	Granica: Kazachstan - Rosja	Granica: Rosja - Białoruś
Czas całkowity [h]	1	1	1	1
Ilość stacji	1	1	1	1

Poniżej na rysunku 4, znajduje się model zrealizowany w programie FlexSim. Model bazuje na obecnej istniejącej trasie kolejowej. W modelu znajdują się kolejki, czyli obiekty, odzwierciedlające terminale, w których pociągi oczekują na przeladunek. Za nimi dodano

obiekty typu „procesor”, które wykorzystano jako terminale przeładunkowe. Dane wejściowe dla poszczególnych typów transportu zaprezentowano w tabelach 1-3.



Rys. 4. Obecny model trasy i model linii trasy dla pociągów podciśnieniowych zrealizowany w oprogramowaniu FlexSim.

W tabelach 4-5 zaprezentowano dane wyjściowe uzyskane z procesu symulacji.

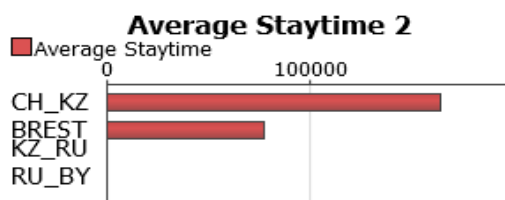
Tab. 4. Dane wyjściowe z procesu symulacji: kolej zwykła i wysokiej prędkości

	Pociąg towarowy	Kolej wysokiej prędkości		
		100	120	140
Prędkość średnia [km/h]	33,77			140
Ilość składów	7	59	63	66
Liczba wagonów	280	2360	2520	2640
Czas podróży [h]	277.8	100	83.3	77.7
Rozkład jazdy [ilość/h]				8
Czas symulacji [h]				336
Długość trasy [km]				9050,57

Tab. 5. Dane wyjściowe z procesu symulacji: kolej niskociśnieniowa

Kolej niskociśnieniowa				
Prędkość średnia [km/h]	300	600	900	1200
Ilość składów	18551	19253	19555	19707
Liczba wagonów	18551	19253	19555	19707
Czas podróży [h]	26.7	15.4	10	7.5
Rozkład jazdy [ilość/h]				0,16
Czas symulacji [s]				336
Długość trasy [km]				9050,57

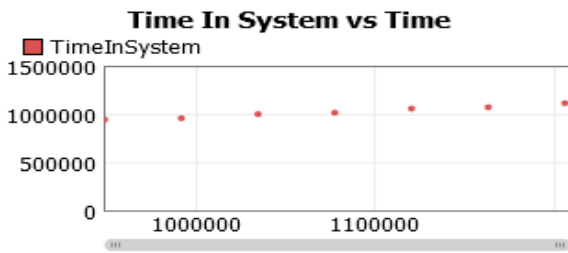
### 3.3 Dane wyjściowe z procesu symulacji: pociąg towarowy



Rys. 5. Średni czas [s] oczekiwania pociągu na formalności na granicy oraz na przeladunek wymuszony przez zmianę rozstawu torów.

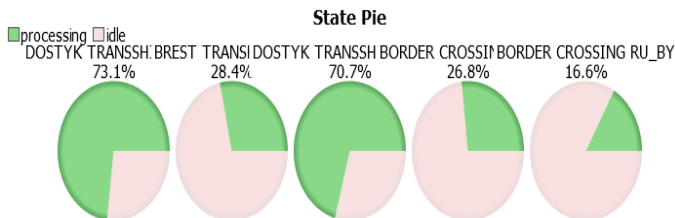
Na rysunku 5 przedstawiono średni czas oczekiwania pociągu na przeladunek. Jak widać, przekroczenie granicy w Dostyku (CH\_KZ) trwa około 2 dni (45,3h), natomiast w Brześciu około doby (21,1h).

Tak długi czas związany jest z przeładunkiem, wymuszonym przez zmiany rozstawu torów oraz formalnościami na granicy.



Rys. 6. Czas [s] potrzebny na przejazd całej trasy przez pociąg, gdzie oś Y to czas podróży, oś X to czas trwania symulacji.

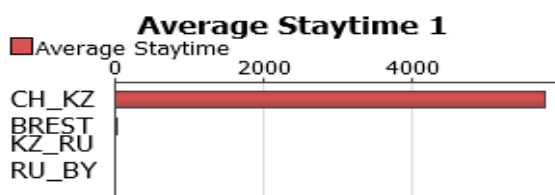
Na rysunku 6 zaprezentowano czas potrzebny na przejazd całej trasy przez pociąg. Rysunek 6 bierze również pod uwagę czas postoju na granicach. Jak widać, pociąg potrzebuje około 12 dni na dostarcie do Polski, jednak czas ten zwiększa się, ze względu na coraz większe kolejki na granicach.



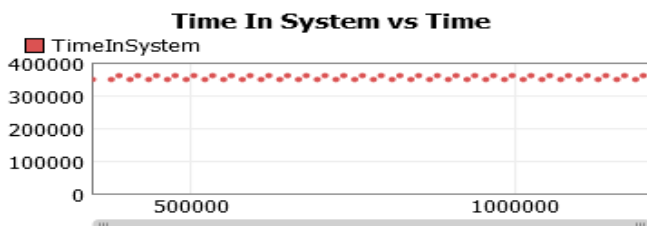
Rys. 7. Wykres kołowy stanu zajętości dla poszczególnych przejść granicznych.

3.4 Dane wyjściowe z procesu symulacji: kolej wysokiej prędkości  
Prędkość 100 km/h

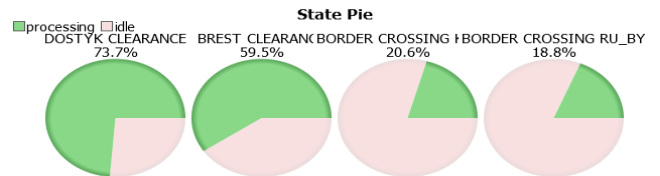
Na wykresach 8-10 przedstawiono średni czas oczekiwania dla nowej linii kolei wysokich prędkości o stałej szerokości torów (bez potrzeby przeładunku) przy założeniu średniej prędkości przejazdu 100 km/h. Średni czas oczekiwania pociągu na granicy oraz na załadunek wynosi około 1.6h. Średni czas przejazdu wyniesie poniżej 5 dni.



Rys. 8. Średni czas [s] oczekiwania pociągu na formalności na granicy oraz na załadunek bez potrzeby przeładunku, gdyż założono powstanie trasy kolejowej o stałej szerokości torów.



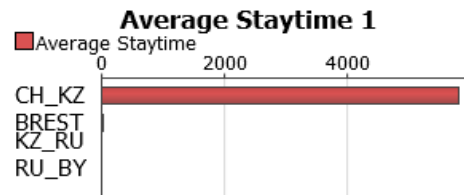
Rys. 9. Czas [s] potrzebny na przejazd całej trasy przez pociąg, gdzie oś Y to czas podróży, oś X to czas trwania symulacji.



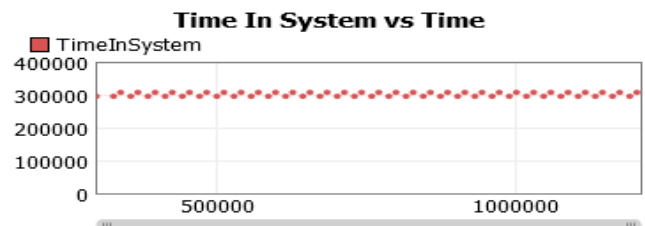
Rys. 10. Wykres kołowy stanu zajętości dla poszczególnych przejść granicznych.

Prędkość 120 km/h

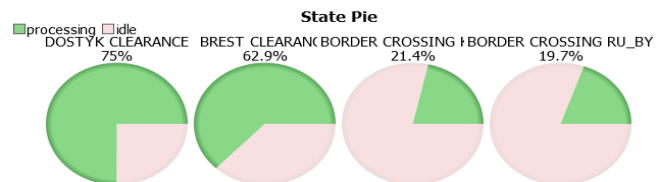
Na wykresach 11-13 przedstawiono średni czas oczekiwania dla nowej linii kolei wysokich prędkości o stałej szerokości torów (bez potrzeby przeładunku) przy założeniu średniej prędkości przejazdu 120 km/h. Średni czas oczekiwania pociągu na granicy oraz na załadunek wynosi około 1.6h. Średni czas przejazdu wyniesie około 3.5 dnia.



Rys. 11. Średni czas [s] oczekiwania pociągu na formalności na granicy oraz na załadunek bez potrzeby przeładunku, gdyż założono powstanie trasy kolejowej o stałej szerokości torów.



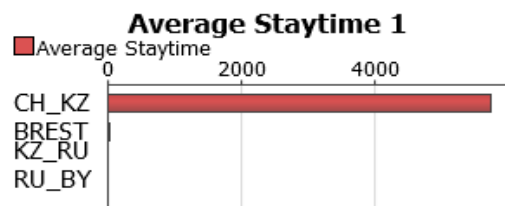
Rys. 12. Czas [s] potrzebny na przejazd całej trasy przez pociąg, gdzie oś Y to czas podróży, oś X to czas trwania symulacji.



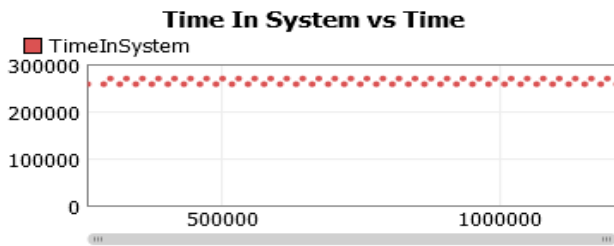
Rys. 13. Wykres kołowy stanu zajętości dla poszczególnych przejść granicznych.

Prędkość 140 km/h

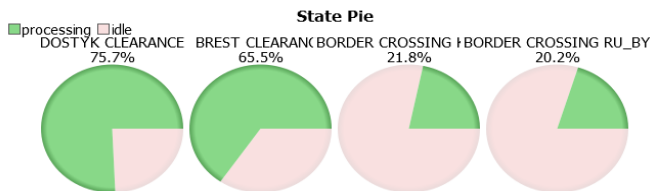
Na wykresach 14-15 przedstawiono średni czas oczekiwania dla nowej linii kolei wysokich prędkości o stałej szerokości torów (bez potrzeby przeładunku) przy założeniu średniej prędkości przejazdu 140 km/h. Średni czas oczekiwania pociągu na granicy oraz na załadunek wynosi około 1.6h. Średni czas przejazdu wyniesie powyżej 3 dni.



Rys. 14. Średni czas [s] oczekiwania pociągu na formalności na granicy oraz na załadunek bez potrzeby przeładunku, gdyż założono powstanie trasy kolejowej o stałej szerokości torów.



Rys. 15. Czas [s] potrzebny na przejazd całej trasy przez pociąg, gdzie oś Y to czas podróży, oś X to czas trwania symulacji.

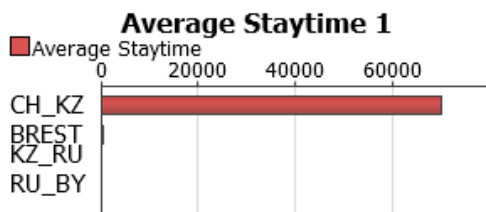


Rys. 16. Wykres kołowy stanu zajętości dla poszczególnych przejść granicznych.

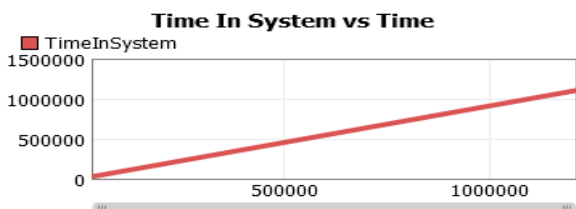
Jak łatwo odczytać z wykresów 8-16 czasy potrzebne do przejechania całej trasy przez pociąg szybkiej kolei są nawet od 2 do 3 razy krótsze, niż dla standardowego pociągu. Jest to skutek braku konieczności przeladowywania pociągów ze względu na zmianę rozstawu szyn.

3.5 Dane wyjściowe z procesu symulacji: kolej niskociśnieniowa  
Prędkość 1200 km/h – procedura celna na granicach

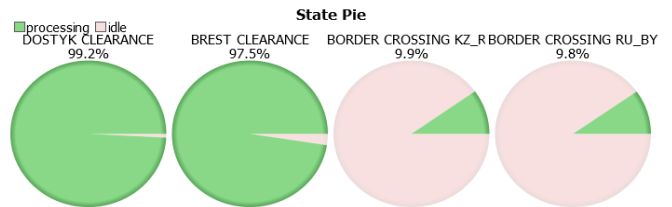
Zestaw rysunków 17-19 przedstawia czas, który jest potrzebny na przebycie całej trasy przez pociąg kolei niskociśnieniowej. Ilość kapsuł transportowych wzrasta wraz z upływem czasu. Dzieje się tak, ponieważ kapsuły wyjeżdżają ze stacji początkowej co dziesięć minut, lecz czas przestoju na granicach powoduje, że tworzą się na nich kolejki - średni czas oczekiwania pociągu na pierwszej granicy wynosi około 19.3h. Z tego też powodu trudno jest prognozować ile czasu pociągowi zajmie dotarcie do celu. Te przejścia graniczne nie są przystosowane do tak intensywnego ruchu towarowego.



Rys. 17. Średni czas [s] oczekiwania pociągu na formalności na granicy bez potrzeby przeladunku, gdyż założono powstanie jednolitej trasy kolei niskociśnieniowej.



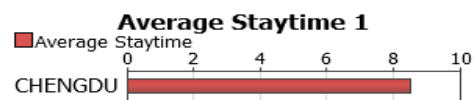
Rys. 18. Czas [s] potrzebny na przejazd całej trasy przez pociąg, gdzie oś Y to czas podróży, oś X to czas trwania symulacji. Czas przejazdu się wydłuża z biegiem symulacji, gdyż jest tzw. „wąskie gardło” na granicy, a pojawiające się nowe pojazdy ustawiają się w dalszej kolejce do przejazdu i wydłuża to całkowity czas przejazdu.



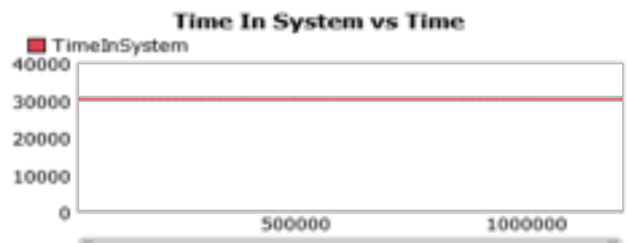
Rys. 19. Wykres kołowy stanu zajętości dla poszczególnych przejść granicznych.

Prędkość 1200 km/h – procedura celna przy wyjeździe

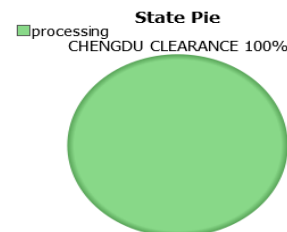
Zestaw rysunków 20-22 pokazuje czas potrzebny do przebycia całej trasy przez pociąg kolei niskociśnieniowej w przypadku procedur celnych wykonywanych w miejscu wyjazdu jeszcze przed wystartowaniem kapsuły z towarem. Jak widać, kapsuły są znacznie szybsze od pociągu, a ich czas przejazdu wynosi około 7.5h. Średni czas oczekiwania na wystartowanie pociągu z towarem to poniżej 10min.



Rys. 20. Średni czas [min] oczekiwania na wystartowanie pociągu z towarem ze stacji początkowej.



Rys. 21. Czas [s] potrzebny na przejazd całej trasy przez pociąg, gdzie oś Y to czas podróży, oś X to czas trwania symulacji.



Rys. 22. Wykres kołowy stanu zajętości dla stacji początkowej, przejścia graniczne nie są uwzględnione, gdyż odprawa graniczna odbywa się w stacji początkowej.

Wnioski

W transporcie dóbr pomiędzy Chinami i Europą istnieje duży potencjał i wciąż jest dużo do zrobienia. Nie należy zapominać także o pewnych barierach takich jak dystans, czas, koszty oraz różnice kulturowe, które niewątpliwie ten potencjał ograniczają. Połączenie Chin z Europą za pomocą kolei niskociśnieniowej mogłoby poprawić wydajność przepływu dóbr między Europą, a Azją dzięki bardzo dużej wydajności, którą jest się w stanie osiągnąć przy relatywnie niskich kosztach.

Symulacja przeprowadzona w programie FlexSim pokazuje, że kolej niskociśnieniowa może przetransportować znacznie więcej kontenerów niż kolej konwencjonalna w tym samym czasie. Analizy pokazują, że biorąc pod uwagę ilość przewiezionych dóbr kolej niskociśnieniowa osiągająca prędkość 600km/h byłaby prawie 68 razy bardziej wydajna niż obecne połączenie (dla 34km/h) oraz ponad 7 razy bardziej wydajna niż pociąg osiągający średnią prędkość nawet



140km/h. Aby jednak w pełni wykorzystać potencjał kolei niskociśnieniowej, odprawa celna musiałaby odbywać się w kraju pochodzenia towaru tak, jak ma to miejsce w transporcie lotniczym. Dobrym rozwiązaniem jest też kolej wysokich prędkości. Kolej wysokich prędkości zaadoptowana na potrzeb transportu towarów w tym samym czasie może przetransportować kilkakrotnie więcej intermodalnych jednostek transportowych niż kolej wykorzystywana obecnie. Biorąc pod uwagę możliwość zastosowania tylko jednej odprawy celnej, najlepszym rozwiązaniem wydaje się być kolej niskociśnieniowa. Wszystkie modele przedstawione w tej publikacji są bardzo uproszczone, lecz zaprezentowano je po to, aby pokazać, że przedstawiane w niej nowe technologie dają nowe perspektywy w rozwoju transportu międzynarodowego.

Nie należy również zapominać o tym iż technologia kolei niskociśnieniowej w obecnej chwili prawie nie istnieje (są jedynie dostępne krótkie odcinki eksperymentalne), a budowa trasy o długości przeszło dziewięciu tysięcy kilometrów pozostaje raczej w sferze marzeń. Tak gigantyczna inwestycja wymagałaby stworzenia specjalnego funduszu dysponującego gigantycznym zapleczem finansowym. Co gorsza praktycznie nie jest możliwe w tej chwili nawet oszacowanie kwoty niezbędnej do realizacji takiego projektu.

### Bibliografia

1. Van der Putten F.P., Seaman J, Huotari M., Ekman A., Oteroglesias M., Europe and China's New Silk Roads, ETNC Report, December 2016.
2. Goddard E.C., Vacuum tube transportation system, 1945. US Patent no. US2511979A.
3. Musk E., Hyperloop alpha. hyperloop alpha design proposal, SpaceX (Online Article).  
[URL:http://www.spacex.com/sites/spacex/files/hyperloop\\_alpha.pdf](http://www.spacex.com/sites/spacex/files/hyperloop_alpha.pdf);
4. Woo-Young J., Geochul J., Chan-Bae P., Ik-Hyun J., Hyung-Woo L., A Study of Non-Symmetric Double-Sided Linear Induction Motor for Hyperloop All-In-One System (Propulsion, Levitation, and Guidance). IEEE Transactions on Magnetics, vol. 54, no. 11, November 2018.
5. Park C.B., Lee H.W., Lee B.S., A study on deduction and characteristic analysis of magnetic equivalent circuit parameters of a rotary-typed small-scaled LIM for a railway transit. J. Korean Soc. Railway, vol. 13, no. 4, pp. 404–411, Aug. 2010.
6. Dudnikov E.E., Advantages of a New Hyperloop Transport Technology. In: 2017 Tenth International Conference Management of Large-Scale System Development (MLSD), 2-4 Oct., Moscow, Russia, 2017.
7. Alexandera N.A., Kashania M.M., Exploring Bridge Dynamics for Ultra-high-speed, Hyperloop, Trains. Structures, Vol. 14, pp.69–74, 2018.
8. Ahmed S. Abdelrahman , Sayeed J., Mohamed Z.Y., Hyperloop Transportation System: Analysis, Design, Control, and Implementation. IEEE Transactions On Industrial Electronics, Vol. 65, No. 9, pp. 7427-7436. September 2018.
9. Goh S.N., One Belt, One Road: China makes tracks on modern Silk Road, The Straits Times, 11 May 2017.
10. Szytka J., Hyla P.: Model funkcjonalny terminala kontenerowego ukierunkowany na środki transportu. Logistyka, Nr 2, s.1293–1302, 2010.
11. Szytka J., Hyla P., Chodacki J.: Rozwój urządzeń do obsługi kontenerowej jednostki ładunkowej. Materiały XXII Konferencji

Naukowej Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych, Zakopane 19-22 styczeń 2009, Zeszyty Naukowe nr 12, s.157-158, Politechnika Świętokrzyska, Kielce, 2009.

12. Lekas D., Gwiazda A., Application of flexsim for modelling and simulation of the production process. Selected Engineering Problems, No 6, pp.51-56, 2009.

### Analysis of time of intermodal container transport from China to the EU by means of Hyperloop technology

The article presents the economic potential of trade between China and the European Union using a new means of transport - low-pressure railways. The technology is based on the transport of goods in capsules, moving inside a tightly closed tube, in which the pressure is lowered to about 100Pa. Thanks to the low pressure, the resistance of the air inside the tube is also very low, which allows the capsules to move in it without significant energy losses. In the future, this will make it possible to transport goods very quickly and economically between China and Europe. It is believed that the capsule will be able to reach a speed of about 1000km/h. Based on these assumptions, there are new prospects for Europe's trade with China. This applies in particular to industrial and transshipment districts such as Sinchuan, Yunnan, Kweichow and Chongqing. These regions have a population of 200 million, a territory twice as large as France, and rapid economic growth of around 10%. In 2016, the train from Cheng to Łódź set off 463 times, while in 2017 there were already about 1000 chickens. The economy of Sinchuan is mainly based on: The economy of Sinchuan is mainly based on: agriculture, hydroelectricity, large gas resources, heavy industry and electronics. Chongqing's economy is based on: The Chongqing economy is based on: automotive, heavy industry, electronics and chemical industry. Yunnan is dominated by agricultural processing, natural resources and heavy industry. The Sinchuan and Chongqing districts deserve the most attention from the point of view of Polish interests. They benefit most from the development of the Chinese economy. They also co-create the New Silk Road - the OBOR (One Belt One Road) project and aspire to become a commercial, financial, technological, scientific and telecommunication and transport centre of the world.

**Key words:** Hyperloop, FlexSim, low-pressure railway

### Autorzy:

Dr inż. **Rafał Rumin** – Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Zarządzania, Aleja Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, [rumin@zarz.agh.edu.pl](mailto:rumin@zarz.agh.edu.pl); autor korespondencyjny

**Kamil Koziol** – Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Zarządzania, Aleja Mickiewicza 30, 30-059 Kraków,

Inż. **Joanna Polak** – Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Zarządzania, Aleja Mickiewicza 30, 30-059 Kraków,

Dr inż. **Paweł Hyla** – Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Aleja Mickiewicza 30, 30-059 Kraków,

Mgr inż. **Jędrzej Blaut** - Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Aleja Mickiewicza 30, 30-059 Kraków.